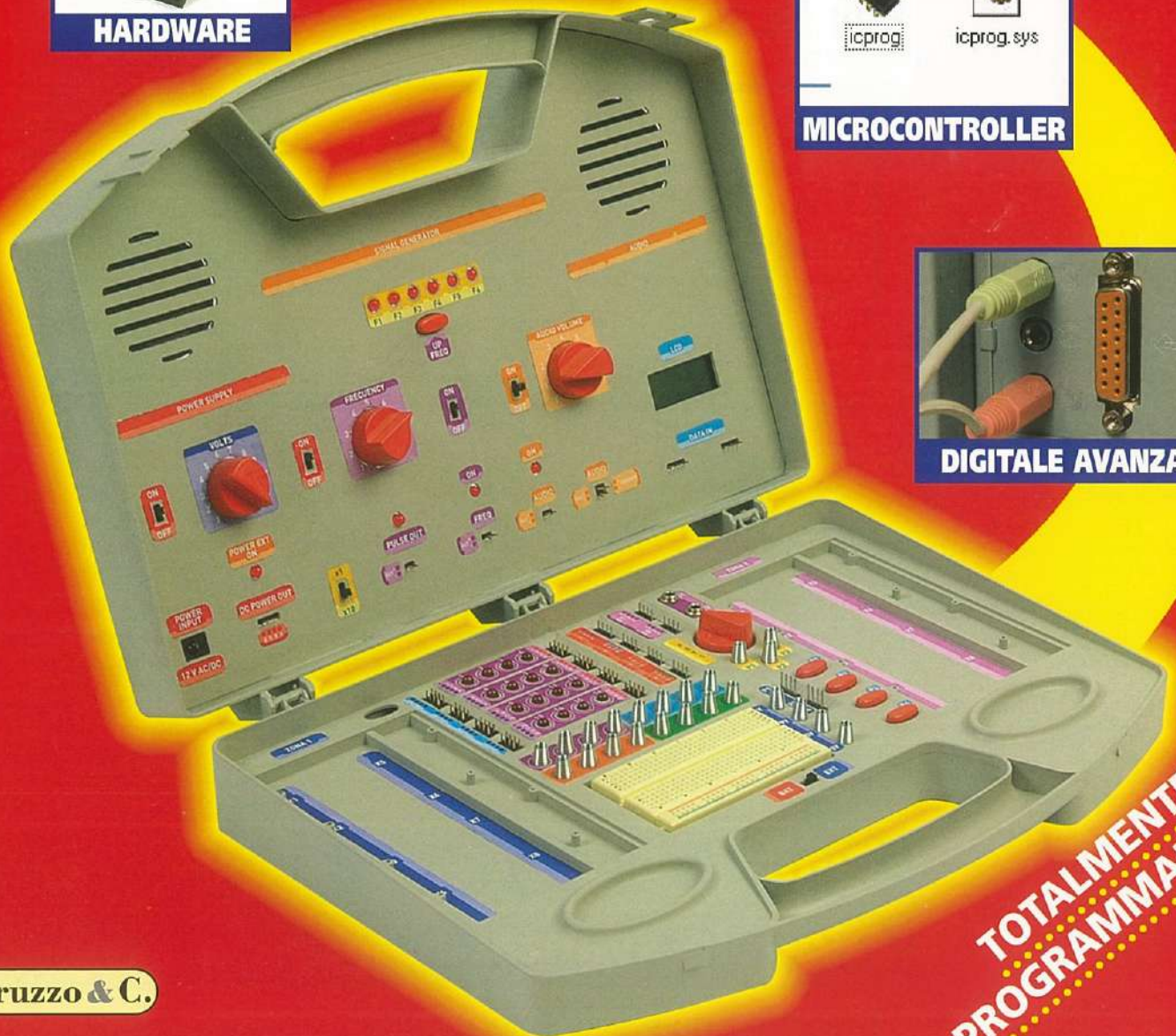
impara

l'elettronica digitale

...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

4

9 771824 363008 41004

Peruzzo & C.

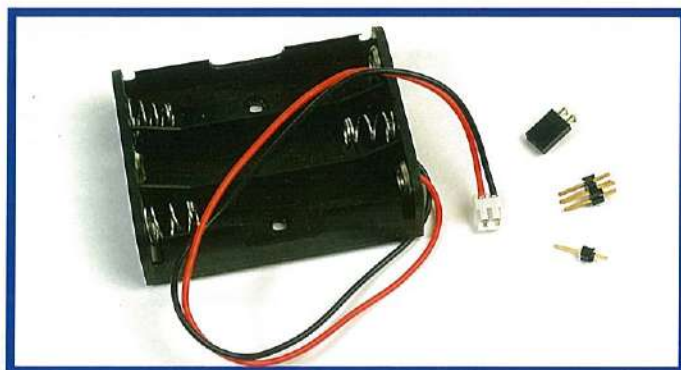
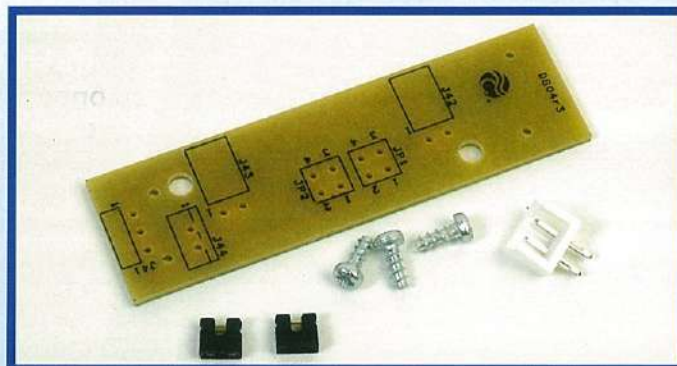
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE" si compone di 70 fascicoli settimanali da suddividere in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Portabatterie con connettore femmina a 2 vie
1 Connettore da c.s. a 90° a 2 vie
1 Connettore maschio da c.s. dritto 2x2 file
1 Connettore maschio da c.s. dritto 1 via
2 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Scheda DG04R3
1 Connettore maschio da c.s. dritto a 2 pin
3 Viti
2 Ponticelli isolati

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

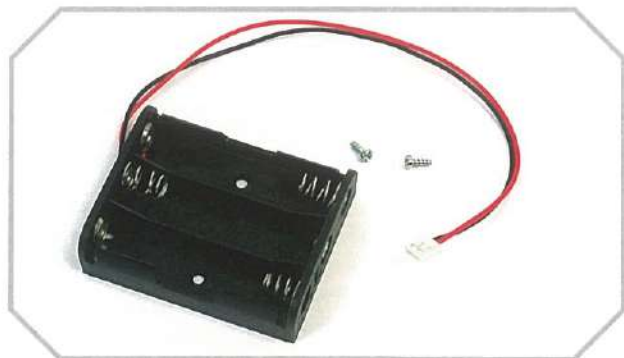
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

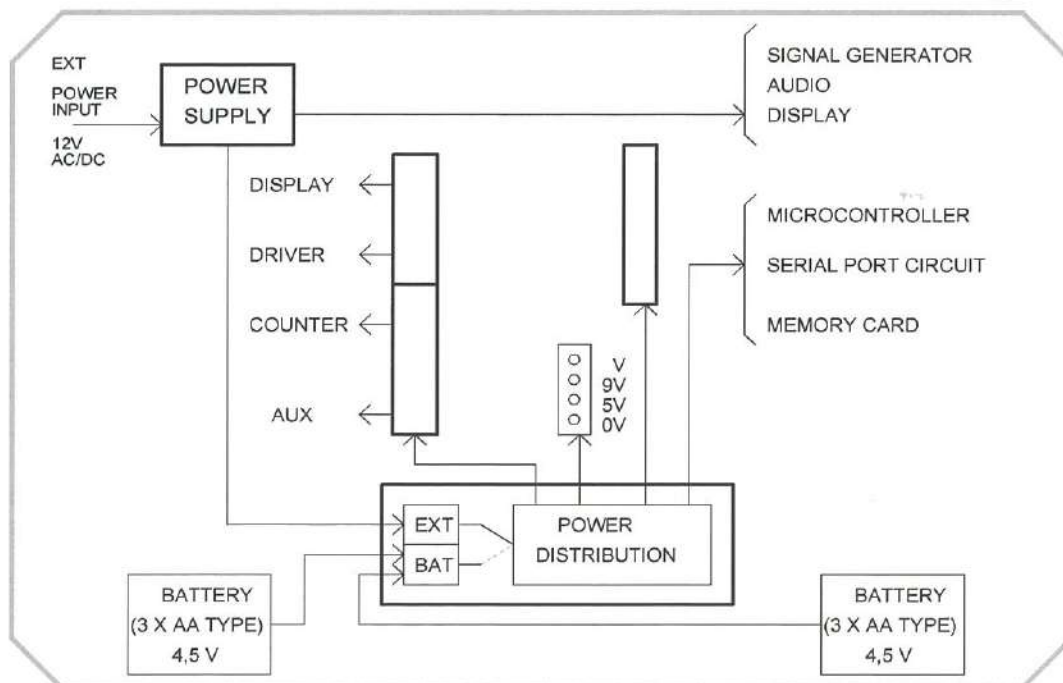
Alimentazione portabatterie

Portabatterie e due viti.

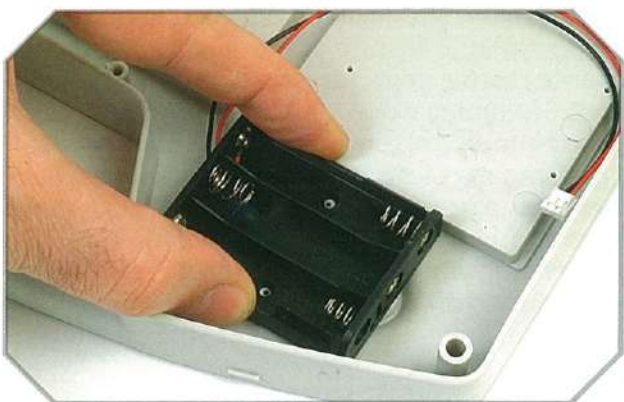
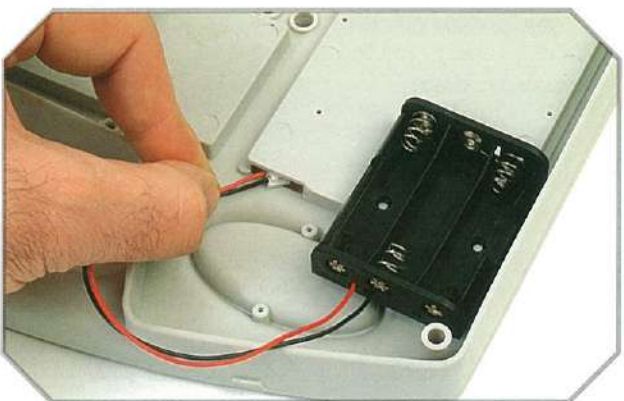
Alloggiamento del portabatterie sotto la zona dei contatori.

In questo numero viene fornito un portabatterie che può alloggiare tre pile tipo R6, o AA, da 1,5 Volt, e due viti per l'installazione dello stesso. Vi sono anche dei connettori che saranno utilizzati nel prossimo numero.

Continueremo con alcuni consigli per la corretta identificazione e utilizzazione dei componenti, lavori necessari per le prossime esercitazioni pratiche.

Portabatterie

Il portabatterie permette di alimentare il laboratorio quando non si dispone di un alimentatore, convertendolo in un dispositivo totalmente portatile. È fornito con due cavi, rispettivamente rosso e nero, terminati con un connettore JST femmina a due vie. Questo connettore, al momento opportuno, verrà collegato al circuito stampato di distribuzione dell'alimentazione, anche se per ora lo possiamo collegare provvisoriamente, ai due circuiti DG04 e DG06 del prossimo numero, dove sono stati previsti dei connettori di questo tipo per poterli alimentare direttamente dal portabatterie.

Schema elettrico dell'alimentazione del laboratorio.

Fori per le due viti.

Montaggio del portabatterie.

Passaggio del cavo.

Installazione

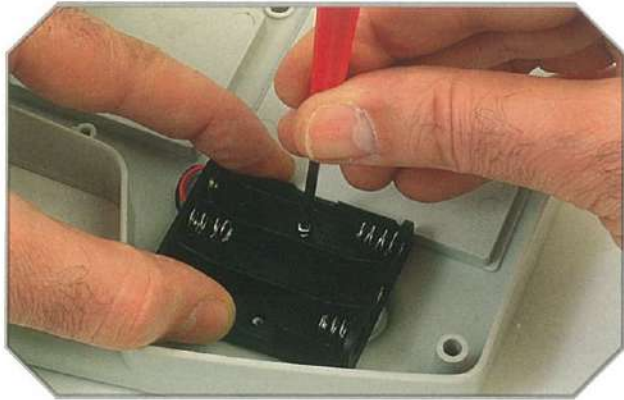
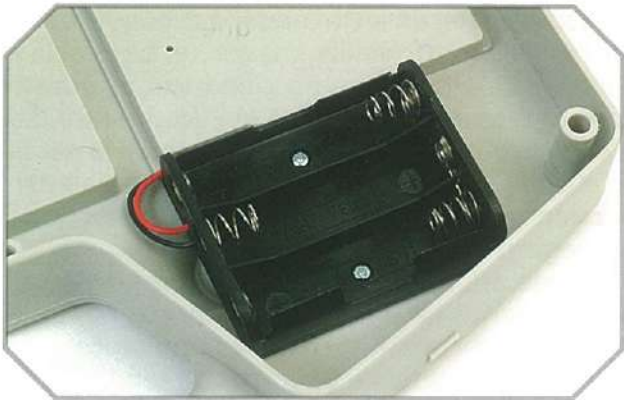
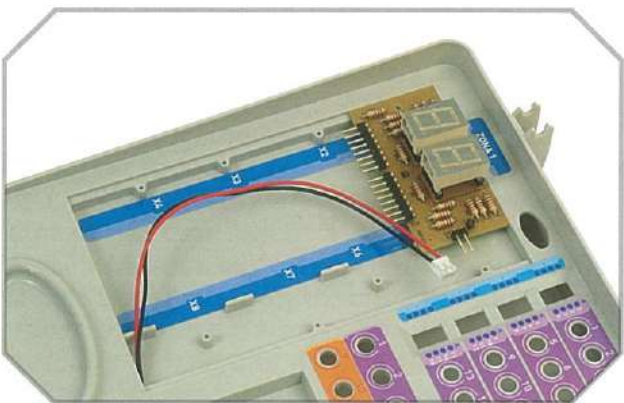
Il portabatterie si monta sotto al pannello principale del laboratorio digitale. Deve essere montato nell'alloggiamento situato sotto la zona dei circuiti, indicata come zona 1.

A questo scopo, seguiremo le illustrazioni, girando il laboratorio e posandolo su un telo per evitare che si danneggi.

Il cavo del portabatterie, per il momento, deve essere fatto uscire dalla parte esterna del laboratorio, attraverso il foro rettangolare che si trova vicino alla sua posizione. Dopodiché, posizioneremo il portabatterie in modo che il centro di ogni foro dello stesso rimanga allineato con l'asse di ogni foro del pannello. Poi, posizioneremo una vite su uno dei fori passanti del portabatterie e, utilizzando un cacciavite a stella, la avviteremo senza arrivare ancora al fissaggio definitivo del portabatterie, per permettere la centratura dell'altro foro. A questo punto, collocheremo l'altra vite stringendo leggermente. Questo tipo di viti non necessita di una forte coppia di chiusura, in quanto potrebbero rovinare il filetto che esse stesse creano sull'appoggio del pannello. Dopo aver chiuso la seconda vite, finiremo il lavoro con la prima.

Alimentazione del laboratorio

Questo laboratorio ha un sistema di alimentazione completo. Da un lato utilizza due portabatterie per ottenere due tensioni, 4,5 e 9 V, che gli permettono di lavorare in modo autonomo. Tuttavia, molti lettori preferiscono un utilizzo più stazionario. A questo scopo, dispone di un alimentatore che fornisce diverse tensioni, 5 e 9 V come tensioni fisse, e una tensione che può variare con un potenziometro di controllo fino a 12 Volt. In questo modo sarà possibile alimentare moltissimi circuiti, quelli corrispondenti agli esperimenti e agli esercizi che realizzeremo e altri che il lettore potrà implementare, utilizzando le proprie conoscenze e la sua immaginazione.

Verranno forniti i componenti di questo sistema di alimentazione che potrà, a sua volta, alimentarsi con un qualsiasi trasformatore, oppure con un alimentatore in continua che possa fornire 12 Volt e che abbia la capacità di erogare almeno 1 A, anche se i circuiti da alimentare sono a basso consumo, infatti, è sempre meglio disporre di una certa riserva di energia.

Posizionamento della prima vite.

Portabatterie installato.

Ecco come si presenta il laboratorio in attesa dell'altro materiale.

Distribuzione

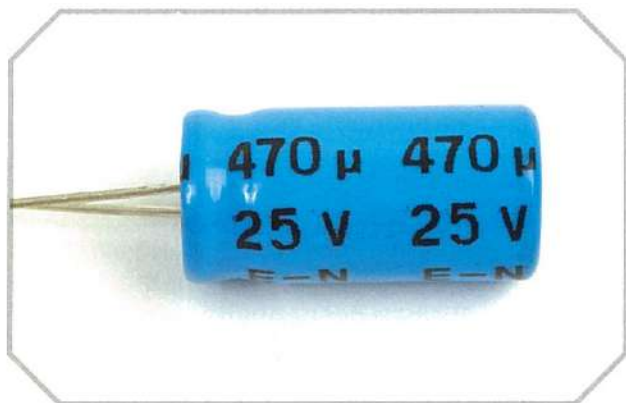
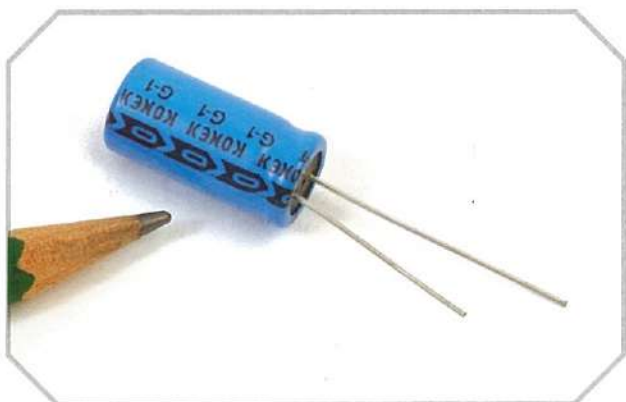
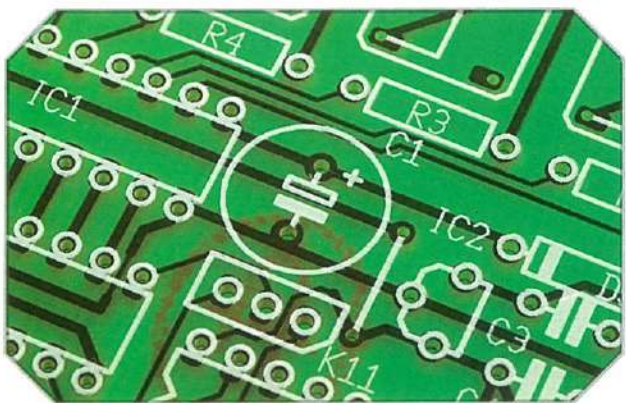
Se osserviamo lo schema a blocchi riportato nelle pagine precedenti, vedremo che l'alimentatore è posizionato sul pannello superiore, e le sue tre uscite di tensione, oltre allo zero di riferimento, sono fornite attraverso la scheda di distribuzione dell'alimentazione posizionata sul pannello principale. Sono alimentati anche i dispositivi ausiliari del pannello superiore, che sono i generatori di segnale, i circuiti audio e il display alfanumerico.

I due portabatterie verranno collegati a questa scheda di distribuzione quando sarà disponibile. Tramite questa scheda si potrà selezionare se l'alimentazione arriverà dalle batterie o dall'alimentatore, a questo scopo si utilizza un commutatore a slitta la cui posizione EXT corrisponde all'alimentazione esterna e BAT a quella delle pile inserite nel portabatterie. I collegamenti dell'alimentatore sono stati situati intenzionalmente sul pannello superiore, per obbligarci a scollegarlo quando si chiude la valigetta ed evitare così di lasciare il laboratorio permanentemente alimentato.

Tramite la scheda di distribuzione viene fornita l'alimentazione da 5 o 9 V alla scheda di alimentazione 2, che a sua volta, la passa a quella di alimentazione 1. Queste schede portano l'alimentazione ai circuiti dei display a 7 segmenti, ai driver e al contatore, oltre che a un'uscita ausiliaria. Sono disponibili anche connettori di uscita per portare l'alimentazione alla matrice di LED e alle quattro molle di alimentazione vicine alla scheda dei prototipi. Inoltre, alimenta con 5 V i circuiti stampati del microcontroller, della scheda di memoria e del circuito di collegamento seriale.

Fin quando è possibile, per fornire energia, si utilizzerà l'alimentazione esterna.

Alimentazione a 5 V

Questo valore di tensione è fornito dall'alimentatore, mentre quando lavoriamo con le batterie disponiamo solo di 4,5 V; questo non crea alcun problema per i circuiti utilizzati che lavorano perfettamente anche a questa tensione, dato che sono in tecnologia CMOS. Inoltre, se necessario, disponiamo di un'altra tensione da 9 V, però dobbiamo fare attenzione perché il microcontroller non deve essere alimentato a questa tensione.

Indicazione della capacità e della tensione di un condensatore elettrolitico.

Il terminale negativo è contrassegnato con il simbolo (-).

Serigrafia dove si può vedere il simbolo (+), che indica il terminale positivo di un condensatore elettrolitico.

Programmazione

L'alimentazione utilizzata per la programmazione si ottiene dalla stessa porta seriale del computer che si usa per programmare. A tal fine, si utilizza un circuito particolare per ottenere le tensioni necessarie per la programmazione e ciò comporta un importante risparmio di energia.

Condensatori elettrolitici

Continueremo ora con i componenti. Questo tipo di condensatore ha la forma di una piccola botte di alluminio con un pezzo di gomma come tappo con due fori dai quali escono i terminali di connessione. Questa botte ha un restringimento anulare che preme questo tampone e impedisce che fuoriesca.

Esiste anche un altro modello di condensatore con un aspetto simile, ma con un terminale a ogni estremità del corpo cilindrico: in questo caso il terminale positivo è quello che esce dal tappo, cioè dal lato con il restringimento per la chiusura, e l'altro terminale, che è unito elettricamente alla carcassa di alluminio, corrisponde al negativo.

Come abbiamo visto, quindi, questo tipo di componente ha polarità che, normalmente, è segnata sul contenitore del componente stesso: il polo negativo è indicato con segno meno (-) vicino al terminale. Questo tipo di condensatori, inoltre, generalmente ha il terminale positivo più lungo del negativo.

Anche sui circuiti stampati è necessario indicare la polarità del condensatore per poter inserire i suoi terminali in modo corretto. La rappresentazione di questo componente sulle serigrafie di solito è una circonferenza che contiene i due fori di inserzione, uno dei quali è indicato col simbolo più (+), che indica il foro all'interno del quale deve essere inserito il terminale di maggior lunghezza, cioè il positivo.

È bene ricordare queste avvertenze per evitare inutili spaventi. È molto importante fare attenzione all'inserimento dei terminali, dato che quando un condensatore di questo tipo si inserisce al contrario, oltre a distruggere il componente, può dare vita a una piccola esplosione e all'espulsione del contenitore, circostanza da evitare per non rischiare che qualcuno si faccia del male.

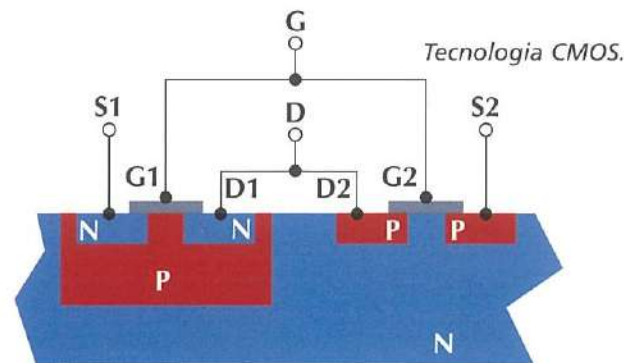
Le famiglie CMOS

Quando si realizza un progetto bisogna considerare la tecnologia da utilizzare e la disponibilità dei materiali, dal punto di vista del tempo e del costo. Attualmente quasi tutti i progetti sono realizzati, per quanto possibile, con tecnologie di basso consumo. La scelta più economica consiste nell'utilizzare circuiti integrati facenti parte delle diverse serie che i costruttori offrono e che, generalmente, si trovano abbastanza facilmente nei negozi di componenti elettronici.

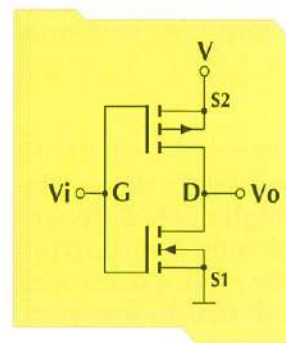
CMOS

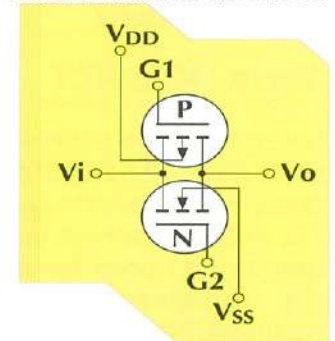
La tecnologia CMOS ha già diversi anni, tuttavia continua a essere utilizzata sia per i circuiti progettati specificatamente per i costruttori di grandi serie di strumenti, sia per i circuiti integrati standard di libero commercio utilizzati nelle produzioni con volumi medio bassi.

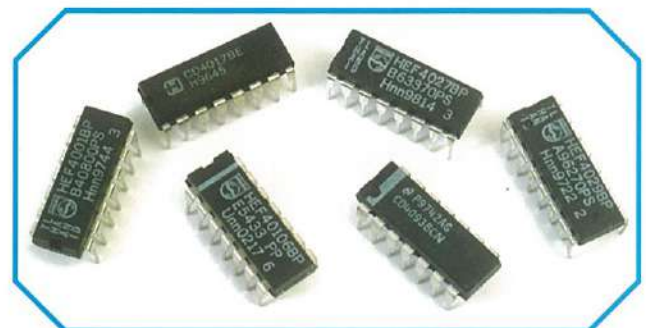
La tecnologia CMOS combina dispositivi MOS (Metal Oxide Semiconductor) di canale N e di canale P nello stesso chip. L'utilizzo di transistor complementari dà origine alla sua denominazione CMOS (Complementary Metal Oxid de Semiconductor).

Tecnologia CMOS.

Serie 4000

All'inizio si ottennero delle velocità accettabili e una certa compatibilità con la famiglia TTL che aveva creato uno standard con la sua alimentazione a 5 V. Dopo un certo periodo di prove e tentativi arrivò la popolare, economica ed efficace serie 4000, che molti costruttori inserirono nei propri cataloghi. Si tratta di una famiglia molto vasta, con circuiti che vanno dalle semplici porte invertenti sino a complicati circuiti contatori, multiplexer, codificatori, registri, ecc.

Fin dall'inizio fu subito evidente un grande vantaggio sulla famiglia 7400, la TTL dei primi tempi, ovvero un bassissimo consumo.

Inverter CMOS.

Porta di trasmissione CMOS.

L'alimentazione era possibile tra 3 e 18 V, quindi poteva essere alimentata a 5 V e, prendendo alcune precauzioni con i livelli d'ingresso e di uscita, poteva sostituire o addirittura essere utilizzata insieme ai circuiti TTL.

Questi circuiti, tuttavia, avevano un problema, ovvero erano sensibilmente più lenti dei TTL, e in applicazioni dove la velocità è importante, la famiglia TTL continuava a farsi preferire. L'arrivo della famiglia TTL74LS ad alta velocità e basso consumo sembrò destinato a segnare la fine della famiglia 4000; ma questo non avvenne, perché il mercato continuava ad aver bisogno di strumenti portatili e dato che le batterie o gli accumulatori continuavano ad avere un prezzo poco accessibile e i dispositivi dovevano avere una buona autonomia, era scomodo

Integrati della serie 4000.

ALIMENTAZIONE VDC								
4000			74HC			74HCT		
min	tip	max	min	tip	max	min	tip	max
5	10	15	2	5	6	4,5	5	5,5
(3 a18)								

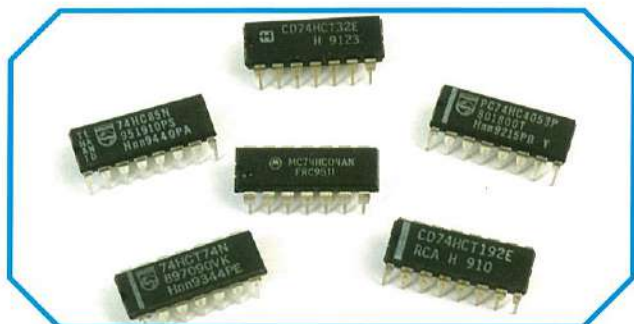
Tensione di alimentazione famiglie CMOS.

e sconveniente caricare o sostituire continuamente le batterie.

Serie HC e HCT

I ricercatori non si arresero e il frutto del loro lavoro diede vita ad altre famiglie CMOS. Tenendo sempre presente che esistono molti circuiti TTL di diverse serie o famiglie 74XX e 4000, nacquero due nuove famiglie di circuiti integrati, che combinavano i vantaggi della serie HE4000B (denominazione utilizzata da Philips Semiconductor per la sua serie 4000) con quelli della serie TTL ad alta velocità, i cui circuiti si identificano come 74LSXX (la L da Low power e la S da Schottky).

I vantaggi apportati furono la somma di entrambe le serie, seguendo la nomenclatura delle diverse serie 74 in presenza della stessa piedinatura e realizzando la stessa funzione. Per contro, quando la funzione esiste solamente nella serie 4000, utilizzano la denominazione di quest'ultima mantenendo la compatibilità pin a pin e la funzionalità. Ad esempio, l'integrato HE4002B che contiene due porte NOR a quattro ingressi trova corrispondenza nella serie HC e HCT con i rispettivi 74HC4002 e 74HCT4002.

Occorre, comunque, fare molta attenzione, dal momento che non tutti i circuiti TTL e CMOS hanno le loro corrispondenze in HC e HCT. Il catalogo, però, è molto vasto e generalmente, risolvere questi problemi è piuttosto facile.

Integrati della serie 74HC e 74HCT.

TENSIONI GARANTITE

Serie 74HCT	Vcc = 4,5 a 5,5
VOLmax	0,1
VOHmin	4,4
VIHmin	2,0
VILmax	0,8

Serie 4000	Vcc = 5	Vcc = 10	Vcc = 15
VOLmax	0,05	0,05	0,05
VOHmin	4,95	9,95	14,95
VIHmin	3,50	7,00	11,00
VILmax	1,50	3,00	4,00

Serie 74HC	Vcc = 2	Vcc = 4,5	Vcc = 6
VOLmax	0,1	0,10	0,1
VOHmin	1,9	4,40	5,9
VIHmin	1,5	3,15	4,2
VILmax	0,8	2,10	2,8

Serie HC

Questa serie o famiglia con uscita tipo buffer è specificatamente progettata per lavorare con circuiti CMOS. Come possiamo vedere nelle tabelle, accetta un ampio margine di alimentazione e cosa ancora più importante, i livelli di ingresso logico sono compatibili con la famiglia 4000. D'altro canto, è stata progettata per sfruttare al massimo l'immunità al rumore della famiglia 4000 e opera tra 2 e 6 V.

Serie HCT

Ha gli stessi integrati e funzioni della HC, tuttavia è progettata in modo particolare per lavorare insieme o in sostituzione ai circuiti TTL, che lavorano con 5 V, e con un margine di variazione massimo della tensione di alimentazione del 10%. Questi circuiti possono essere utilizzati anche per convertire livelli TTL in CMOS e pilotare direttamente circuiti CMOS, anche se con molta precauzione, come sempre quando si mescolano porte con alimentazioni.

Serie HCU

Nei cataloghi possiamo trovare un'altra serie, molto simile alle precedenti, salvo il fatto che non hanno buffer (la lettera U deriva da Unbuffered). Questo tipo di dispositivi soddisfa le necessità realizzative degli oscillatori controllati al quarzo, alcuni circuiti a radiofrequenza e altre applicazioni particolari.

RITARDI DI PROPAGAZIONE TIPICI

Condizioni 25 °C y Cl = 50pF

	HEF4002	74HC4002	74HCT4002
t_{PHL}, t_{PLH}	60 ns (5 V)	30 ns (2 V)	13 ns (4,5 V)
	25 ns (10 V)	11 ns (4,5 V)	
	20 ns (15 V)	9 ns (6 V)	

Conversione A/D D/A

Le grandezze che si utilizzano nel mondo reale sono, generalmente, di natura analogica. Tuttavia oggi si lavora come se tutto fosse digitale. Per questo motivo, prima di iniziare gli esperimenti, bisogna aver ben chiaro che le grandezze analogiche continueranno a essere tali, però è possibile trattarle in modo digitale, "digitalizzandole". Si tratta di un processo delicato che deve essere realizzato in modo corretto per poter recuperare successivamente la grandezza analogica. Dopo che la grandezza – per capirci meglio – il segnale è stato convertito in digitale, presenta il vantaggio di poter essere trattato con potenti strumenti, alcuni dei quali verranno utilizzati anche da noi. Infine, dovremo riportare il segnale nel suo stato analogico, ma con caratteristiche analogiche, ovvero un segnale di qualità perfettamente utilizzabile.

Convertitori

I circuiti o strumenti che convertono un segnale o una grandezza analogica in digitale si chiamano convertitori analogico/digitale e vengono indicati come A/D o anche come ADC. I circuiti o gli strumenti che realizzano la funzione inversa si chiamano convertitori digitale/analogico, o DAC.

Audio digitale

Facciamo un esempio molto attuale che aiuterà a comprendere bene i concetti: l'audio digitale. Attualmente possiamo considerare una canzone come un file di dati scritto in una memoria, su un CD o DVD, con un determinato formato. Per poter riprodurre un file musicale memorizzato è sufficiente uno strumento, la cui parte più importante è il convertitore, che partendo dal segnale digitale fornito dagli altri circuiti dello strumento, ottiene un segnale analogico. Questa parte si chiama convertitore digitale/analogico DAC. Tutti siamo testimoni della qualità del suono che forniscono questi strumenti, frutto dello sforzo e del lavoro di molte persone.

Sequenza riassuntiva del trattamento digitale dei segnali analogici.

A ogni codice d'ingresso corrisponde un livello di tensione di uscita.

La qualità

Quasi senza rendercene conto, abbiamo fatto riferimento alla qualità. Un modo per verificare la qualità del segnale digitale è confrontarlo con un segnale uguale ma analogico. La prima cosa da fare è scegliere un segnale analogico noto e di alta qualità, convertirlo in digitale, memorizzarlo, ad esempio su un CD, e poi riprodurlo. Questo segnale, originariamente analogico, dopo aver

I collegamenti di ingresso e di uscita audio di un PC utilizzano segnali analogici.

Da diverso tempo tutti i PC sono dotati di circuiti audio.

subito un processo digitale, deve avere la stessa qualità dell'originale, ovvero, deve rappresentare fedelmente il segnale di origine, a meno di non averlo intenzionalmente modificato.

È facile dedurre che per ottenere una buona qualità del segnale originale, il processo di conversione analogico/digitale e quello digitale/analogico, devono essere realizzati correttamente.

Vedremo ora un circuito di base, però molto significativo, di un convertitore digitale/analogico, assieme ad alcuni dei parametri utilizzati per classificare questi circuiti.

Convertitore D/A

Il convertitore D/A fornisce, alla sua uscita, un segnale analogico in base alle differenti word logiche che riceve sul suo ingresso a una determinata velocità. Generalmente utilizza 8 o 16 bit in parallelo a una velocità, per esempio, di 44.100 Hz. A ogni word o byte applicato all'ingresso, si ottiene un corrispondente livello analogico all'uscita.

L'uscita analogica può essere sotto forma di corrente o di tensione. Il passaggio da corrente a tensione si realizza con un amplificatore operazionale.

Dobbiamo definire, fra gli altri parametri, il fondoscala, cioè, la massima tensione analogica possibile all'uscita, che si ottiene con il codice digitale più alto applicato all'ingresso.

L'uscita dei convertitori digitale/analogico può essere unipolare o bipolare. Se l'uscita è unipolare, il livello del segnale analogico di uscita va da 0 a un determinato valore, solitamente positivo, che è il fondoscala. Se l'uscita è bipolare, il livello del segnale analogico di uscita può essere positivo, in questo caso il fondoscala si definisce con un limite positivo e un altro negativo.

L'audio è puramente analogico però si può trattare con circuiti e strumenti digitali.

Gli attuali strumenti audio utilizzano la memorizzazione digitale.

Schema di un convertitore D/A di base.

Collegamenti fondamentali di un DAC.

Parametri

Oltre a quelli gia menzionati, ci sono altri parametri molto interessanti, anche se alcuni di essi, al momento, possono risultare un po' complicati da capire. È necessario conoscerli per poter scegliere, in ogni situazione, il più adeguato.

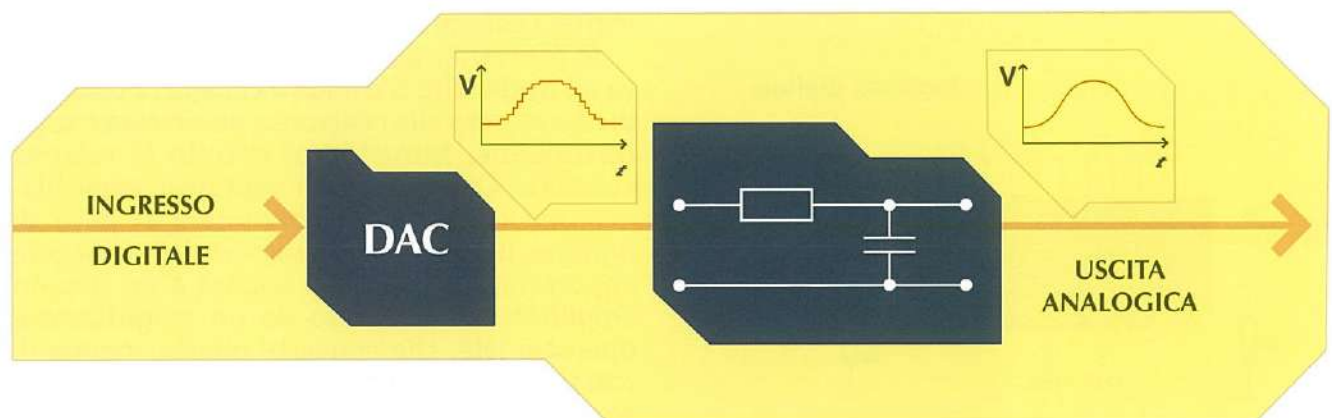
Risoluzione:
È la più piccola variazione che si produce sulla tensione di uscita quando il codice d'ingresso incrementa o diminuisce di un BIT.

Tempo di assestamento:
È il tempo che passa da quando la word digitale si applica all'ingresso fino a quando l'uscita arriva al livello analogico corrispondente.

Uscita in modo corrente:
Si dice che l'uscita è di questo tipo quando la corrente analogica di uscita è proporzionale alla word digitale di ingresso.

Uscita in modo tensione:
L'uscita analogica è una tensione proporzionale al codice digitale applicato all'ingresso. Questo tipo di convertitore è più lento di quello in corrente.

Margine dinamico:
Il margine dinamico indica il massimo margine di tensione o di corrente dell'uscita.

Codici di ingresso:
Sono i codici digitali di ingresso che può gestire il convertitore.

Un semplice filtro passabasso può eliminare praticamente il ripple della conversione.

Errore di spostamento:
È la tensione di uscita quando la word digitale di ingresso corrisponde al valore analogico zero.

Errore di fondoscala:
È la deviazione della pendenza della funzione di trasferimento dal suo valore ideale. Indica la deviazione per il valore massimo di tensione di uscita.

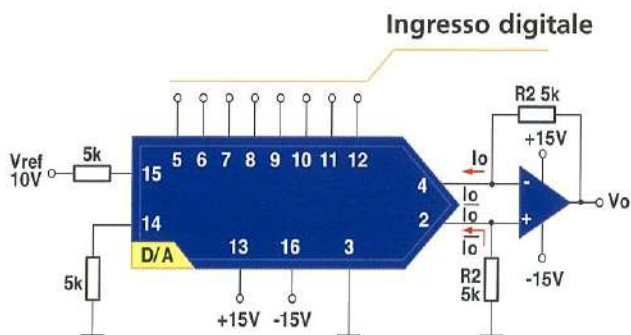
Errore di linearità:
È la deviazione dalla caratteristica di trasferimento ideale.

Monotonicità:
Significa che, a fronte di un incremento della word digitale, l'uscita analogica deve aumentare.

Convertitore D/A di base

Esistono molti circuiti di conversione D/A, tuttavia, quello chiamato di base è molto significativo, poiché indica in modo abbastanza intuitivo come si può realizzare un convertitore D/A.

Ingresso digitale	Uscita analogica
0 0 0	0,00
0 0 1	1,25
0 1 0	2,50
0 1 1	3,75
1 0 0	5,00
1 0 1	6,25
1 1 0	7,50
1 1 1	8,75

Tensione di uscita di un convertitore DAC da 3 bit con fondoscala da 10 volt.

Schema tipico di un DAC.

Le stesse grandezze si possono rappresentare in diversi modi, attraverso strumenti analogici o digitali.

Se osserviamo lo schema elettrico della pagina precedente, possiamo vedere i seguenti elementi:

- Un insieme di commutatori, il cui numero è uguale al numero di bit, in questo caso 4.
- Una tensione VREF di riferimento che deve essere più precisa e stabile possibile.
- Una rete di resistenze ponderata, per scomporre la word digitale in diversi livelli di tensione o di corrente.
- Un circuito amplificatore operazionale di uscita che somma le correnti ottenute e fornisce alla sua uscita una tensione equivalente e proporzionale al dato digitale di 4 bit applicato all'ingresso.

Quando il dato digitale si applica all'ingresso di controllo di ciascun commutatore, questi ultimi, a seconda se il bit applicato è un uno o uno zero, faranno circolare o meno la corrente.

Se a un commutatore arriva uno zero, cioè un livello basso, non circolerà corrente, poiché il commutatore verrà collegato a massa e non immetterà corrente nel circuito.

Al contrario, quando un commutatore riceve un livello alto si chiude e collega la tensione di riferimento alla resistenza ponderata che gli corrisponde, fornendo al circuito la relativa corrente. Con questi commutatori applichiamo una corrente proporzionale al peso di ognuno, in modo che la somma della corrente apportata da ogni bit si applica a un circuito amplificatore costituito da un amplificatore operazionale, che converte questa somma di corrente in una tensione corrispondente alla word digitale applicata all'ingresso del convertitore digitale/analogico.

Programmazione del PIC

Il microcontroller è un dispositivo molto potente capace di realizzare svariate funzioni, però per qualsiasi tipo di operazione deve essere programmato, quindi è necessario il lavoro di un progettista che realizzi, oltre all'hardware o al circuito di utilizzo, il programma. Queste due fasi sono inseparabili.

Il microcontroller è un dispositivo hardware che necessita di elementi software per il suo funzionamento. Nel nostro CD troviamo i programmi necessari per poter gestire il nostro chip a tutti i livelli, però prima di affrontare il contenuto del CD e per conoscere ciò che dobbiamo fare, vediamo una breve introduzione generale al software che normalmente si associa a un'applicazione con microcontroller.

CD del laboratorio di Elettronica Digitale.

Ambiente di sviluppo

L'espressione "ambiente di sviluppo" comprende l'insieme di strumenti necessari per progettare, programmare e provare l'applicazione.

Linguaggio assembler

Il linguaggio macchina è la rappresentazione del programma così come lo intende il microcontroller. L'assembler è il linguaggio più vicino alla macchina, si tratta della sua rappresentazione alfanumerica in cui a ogni istruzione corrisponde un'istruzione in codice macchina (senza tener conto delle macro e delle direttive).

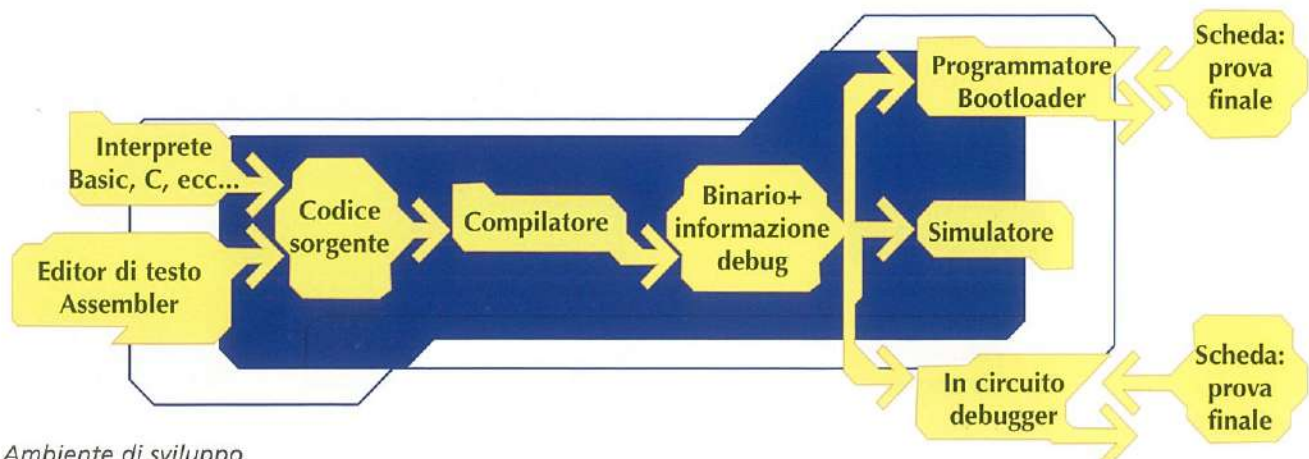
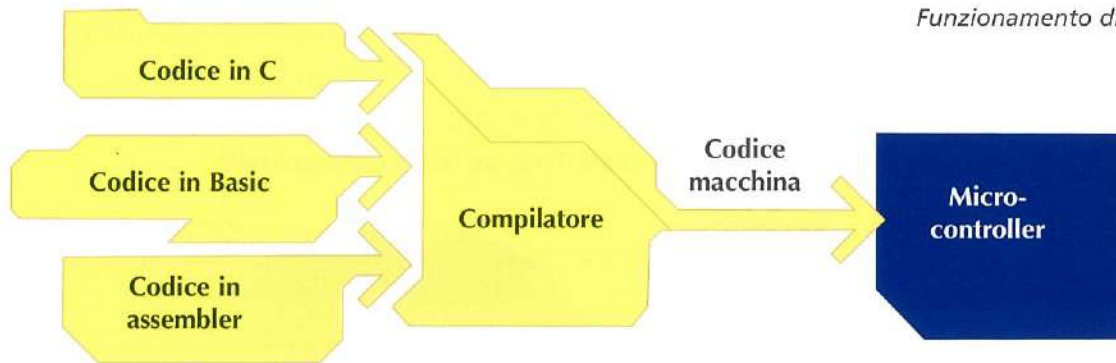
In assembler, il programmatore genera il miglior codice possibile, adattandosi al microcontroller. Solo mediante la programmazione in assembler è possibile capire bene l'architettura e la struttura del chip.

Al momento di affrontare un progetto con molte linee di codice, il lavoro del programmatore si fa più complicato, dal punto di vista sia della manutenzione che dell'aggiornamento del software. In questi casi è consigliabile utilizzare un interprete o compilatore di linguaggio ad alto livello.

Interpreti

Un interprete è un linguaggio traduttore ad alto livello (vicino al linguaggio naturale) a codice macchina. Risiede sul microcontroller ed esegue il programma leggendo ogni istruzione in alto livello una a una, traducendole ed eseguendole (traduce ed esegue allo stesso tempo).

Ambiente di sviluppo.

Funzionamento di un compilatore.

L'interprete più diffuso è il Basic, ma ne esistono anche altri come, ad esempio, il Forth.

Compilatori

Il compilatore è il programma che traduce il codice sviluppato per l'applicazione in linguaggio macchina per la successiva scrittura sul microcontroller.

Anche se l'assembler è il linguaggio per eccellenza in questi dispositivi, attualmente si tende a utilizzare compilatori di linguaggio ad alto livello. Ancora non esiste un programma interprete che risiede sul chip, ma per ora, viene sviluppato il programma in un linguaggio vicino a quello naturale e il compilatore si incarica di tradurlo in linguaggio macchina.

I linguaggi più utilizzati sono il C e il Basic.

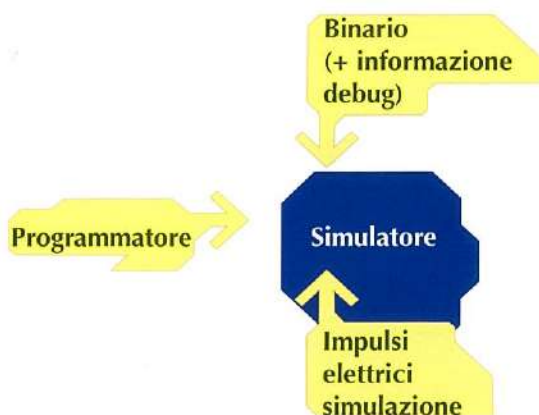
Scrittore

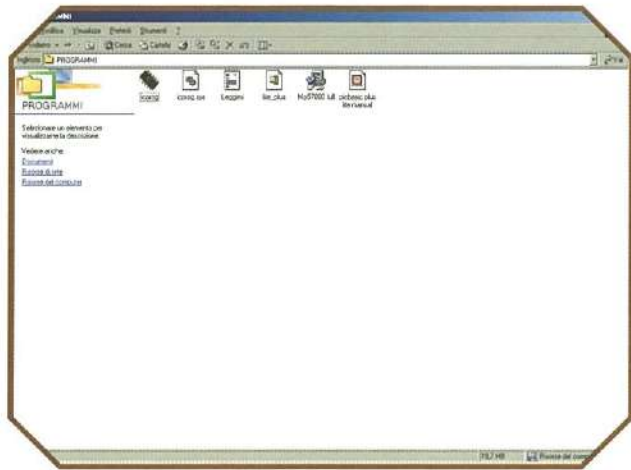
Abbiamo visto le diverse opzioni per lo sviluppo del programma e mediante un compilatore, lo possiamo tradurre in codice macchina, però manca ancora una cosa molto importante: portare questo codice al microcontroller.

Esistono due modi di scrivere il programma su un chip, mediante un software specifico di scrittura con l'hardware appropriato, oppure tramite un programma residente nel microcontroller, sempre che quest'ultimo lo permetta, cioè che supporti la scrittura del codice dell'applicazione sul proprio hardware di funzionamento. Questo programma è conosciuto come "boot loader".

Simulatori

Un simulatore è un programma che esegue il codice del microcontroller in un computer. Permette di eseguire il codice passo a passo, in modo che si possa osservare ciò che avviene a ogni istruzione. È possibile vedere e verificare il contenuto dei registri, della memoria e delle variabili, oltre a verificare come risponde il programma. Questa caratteristica lo rende uno strumento molto utile, specialmente quando si sta imparando a programmare, perché permette di sperimentare con i programmi e studiare le conseguenze senza la necessità di scrivere il programma sul chip.

Binario (+ informazione debug)
Programmatore
Simulatore
Impulsi elettrici simulazione

Possiamo simulare gli ingressi elettrici esterni.

Videata iniziale del CD del Laboratorio di Elettronica Digitale.

Contenuto della directory Programmi.

Strumenti di messa a punto o debuggers

Un debugger residente gira su un programma interno al microcontroller stesso, contemporaneamente mostra il progresso della messa a punto su un PC.

Ha le medesime caratteristiche di un simulatore, con l'ulteriore vantaggio che il programma gira su un microcontroller reale.

Logicamente questo strumento occupa risorse del microcontroller in quanto richiede memoria, comunicazioni e interrupt.

Emulatori

L'emulatore è una soluzione utilizzata raramente in quanto il suo prezzo e la possibilità di impiego ne rendono difficoltoso l'uso. Si tratta di un sofisticato dispositivo che sostituisce il microcontroller e contemporaneamente è in grado di acquisire informazioni.

Per utilizzare un emulatore dobbiamo togliere il microcontroller dalla scheda e mettere quest'ultimo al suo posto. Fornisce un'informazione totale su ciò che sta avvenendo nella realtà e non sottrae alcuna risorsa alla scheda che si sta analizzando.

Contenuto del CD

Quando si inserisce il CD nel lettore del computer apparirà una videata di navigazione in cui, oltre all'opzione di uscita dall'applicazione, è possibile scegliere fra tre opzioni: Programmi, Esercizi e applicazioni e PIC16F870.

Vediamo nel dettaglio il contenuto di queste directory.

Programmi

Nella directory "Programmi" sono compresi tutti i software che dobbiamo installare sul nostro PC per gestire il PIC. I programmi da installare sono:

ICPROG.

– ICPROG.EXE: Questo programma servirà per scrivere un PIC o le memorie.

Esso ci permette di selezionare il dispositivo che vogliamo scrivere mediante una delle porte di comunicazione del PC. Ha bisogno di un hardware di scrittura che vi verrà fornito.

– Mp57000 full.exe: è il programma d'installazione di MPLAB, che è un ambiente di sviluppo per diversi PIC. Si tratta di un potente simulatore con cui lavoreremo molto allo scopo di capire meglio i programmi di applicazione.

Installando questa applicazione, oltre al simulatore MPLAB.EXE, avremo a disposizione il compilatore MPASMWIN.EXE, in grado di convertire il nostro codice da assembler a codice macchina, che verrà caricato sul PIC.

– Lite_plus.exe: è l'installatore del programma PICBASIC Plus che permette di sviluppare e compilare applicazioni utilizzando il Basic come linguaggio di programmazione con la famiglia di PIC 16F87X.

MPLAB.

PIC Basic Plus Lite.

Il resto del contenuto di questa directory è spiegato nel file "leggimi.txt" della directory principale.

Esercizi e applicazioni

In questa sezione sono compresi diversi esercizi in linguaggio assembler che dovranno essere compilati e convertiti per la loro scrittura e prova sul PIC. Questi esercizi ci serviranno per imparare a muoverci con il PIC 16F870 e familiarizzare con la sua programmazione e il suo funzionamento.

Anche se hanno l'estensione ".asm" si possono vedere con il programma "blocco note" o con qualsiasi altro editor di testo.

Troviamo anche un'applicazione per sfruttare i dispositivi del PIC come il Bootloader (vedi il file leggimi della directory Bootloader) e il file "P16F870.inc", una libreria dove vengono definiti tutti i registri del PIC che dovrà essere richiamata da qualsiasi programma che realizzeremo.

PIC 16F870

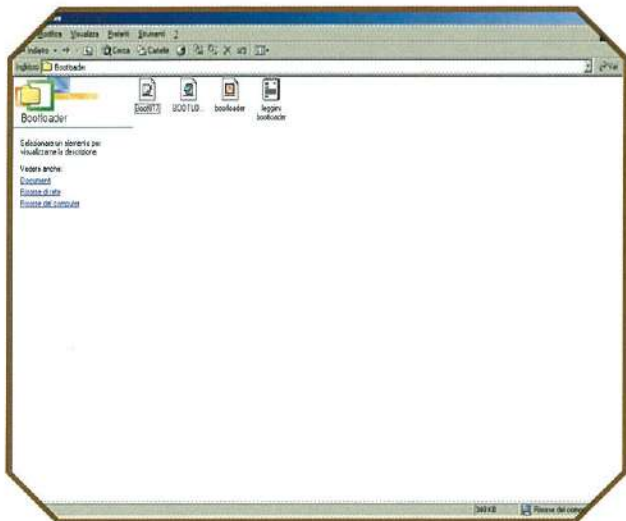
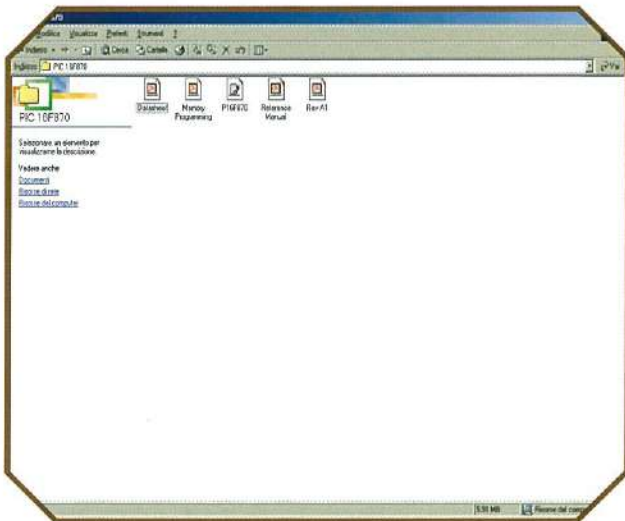
In questa directory si trova la documentazione tecnica fornita dal costruttore Microchip che fa riferimento al modello PIC 16F870. Spesso i progettisti hanno bisogno di consultare questi documenti per ricavare informazioni e chiarire dei concetti.

Come potrete verificare, Microchip fornisce molte informazioni e strumenti per gestire i suoi microcontroller. Questo va a beneficio dell'azienda e dei suoi utilizzatori.

Troviamo in questa directory anche il file citato in precedenza: "P16F870.inc".

Nella directory principale del nostro CD, oltre ai file dell'applicazione di avvio, troveremo un file "leggimi.txt" che è indispensabile leggere se vogliamo installare correttamente i programmi e analizzare nel dettaglio il contenuto del CD.

Il lettore può esercitarsi attraverso l'installazione di questi programmi, entrando nei menù di ognuno di essi per vedere le opzioni possibili e fare pratica con alcuni esempi.

Contenuto della directory "Esercizi" e applicazioni.

Contenuto della directory Bootloader.

Contenuto della directory PIC16F870.